

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
4 novembre 2004 (04.11.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
WO 2004/095586 A2

(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : H01L 31/00

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2004/000925

(22) Date de dépôt international : 14 avril 2004 (14.04.2004)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
03/04729 16 avril 2003 (16.04.2003) FR  
03/13489 18 novembre 2003 (18.11.2003) FR

(71) Déposant : APOLLON SOLAR [FR/FR]; 2, Rue Dulong,  
F-75017 Paris (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : BARET,  
Guy [FR/FR]; 21, Rue Jules Ferry, F-38500 Voiron (FR).

LAUVRAY, Hubert [FR/FR]; 22, Chemin de Mordant,  
F-38370 St Clair du Rhône (FR). EINHAUS, Roland  
[DE/FR]; 4, Rue des Moineaux, F-38300 Bourgoin Jal-  
lieu (FR). BAMBERG, Klaus [DE/FR]; 10, Rue de la  
République, F-69001 Lyon (FR).

(74) Mandataires : HECKE, Gérard etc.; Cabinet Hecke,  
WTC Europole, 5 place Robert Schuman, B.P. 1537,  
F-38025 Grenoble Cédex 1 (FR).

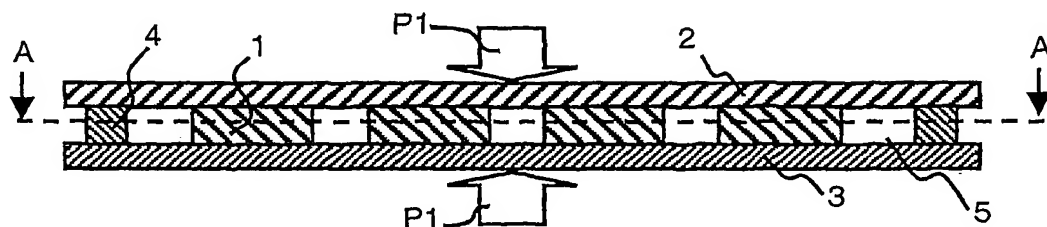
(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de  
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO,  
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,  
GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG,  
KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG,  
MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH,  
PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN,  
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de  
protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: PHOTOVOLTAIC MODULE AND PRODUCTION METHOD THEREOF

(54) Titre : MODULE PHOTOVOLTAÏQUE ET PROCEDE DE FABRICATION D'UN TEL MODULE



(57) Abstract: The invention relates to a photovoltaic module comprising front (2) and rear (3) plates. In addition, an organic sealing joint (4) is disposed between the plates and defines an inner sealed volume (5) which is maintained at a pressure lower than atmospheric pressure and which contains the photovoltaic cells (1). The aforementioned sealing joint (4) is an organic joint, e.g. thermoplastic or polybutylene. According to the inventive method, the vacuum pressure is produced by means of suction. The method can comprise inert gas scavenging, the establishment of the vacuum pressure and compression sealing (P1). Said method can also comprise: partial sealing of the module, such as to leave two openings in the sealing joint (4); inert gas scavenging of the inner volume by means of the two openings; the establishment of the vacuum pressure; and, subsequently, the blocking of said openings.

(57) Abrégé : Le module photovoltaïque comporte des plaques avant (2) et arrière (3). Un joint de scellement (4) organique est disposé entre les plaques et délimite un volume intérieur étanche (5), maintenu à une pression inférieure à la pression atmosphérique, dans lequel sont disposées les cellules photovoltaïques (1). Le joint de scellement (4) est un joint organique, par exemple de nature thermoplastique, par exemple de la famille des poly-butylènes. Le procédé de fabrication comporte la formation de la dépression par aspiration. Le procédé peut comporter un balayage par gaz neutres, l'établissement de la dépression et le scellement par compression (P1). Le procédé peut également comporter un scellement partiel du module, de manière à laisser deux ouvertures dans le joint de scellement (4), un balayage par gaz neutres du volume intérieur par l'intermédiaire des deux ouvertures, l'établissement de la dépression et le bouchage des ouvertures.

WO 2004/095586 A2



KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

**Publiée :**

— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport*

## Module photovoltaïque et procédé de fabrication d'un tel module

### Domaine technique de l'invention

5

L'invention concerne un module photovoltaïque comportant un assemblage de cellules photovoltaïques, disposées côte à côte entre des plaques avant et arrière, et un joint de scellement disposé entre les plaques et délimitant un volume intérieur étanche, maintenu à une pression inférieure à la pression atmosphérique, dans lequel sont disposées les cellules photovoltaïques.

10

### État de la technique

15

Classiquement, pour fabriquer un module photovoltaïque, des cellules photovoltaïques sont recouvertes d'un réseau d'électrodes et connectées entre elles par soudure de rubans métalliques. L'ensemble ainsi formé est ensuite placé entre deux feuilles de polymère, elles-mêmes enserrées entre deux substrats de verre. L'ensemble est alors chauffé aux environs de 120°C pour ramollir fortement le polymère, le rendre étanche et transparent et assurer la cohésion mécanique du module. Cependant, l'étanchéité, surtout contre la pénétration d'humidité, n'est souvent pas assurée à long terme.

20

Ce type de procédé de fabrication implique une large consommation de pâte de soudure à base d'étain, de plomb et de zinc, très coûteuse. La soudure elle-même est une opération coûteuse, mécaniquement compliquée, nécessitant le retournement de la cellule et pouvant entraîner des risques non négligeables de casse de la cellule.

25

Afin d'assurer l'étanchéité du module, un joint de scellement non minéral peut être déposé à la périphérie de l'ensemble des cellules ou bien l'espace restant entre les substrats de verre est rempli par une résine organique.

5 Le document WO03/038911 décrit un procédé de fabrication d'un module photovoltaïque comportant l'assemblage de cellules photovoltaïques disposées côte à côte entre des plaques avant et arrière. Un joint de scellement minéral, disposé entre les plaques, délimite un volume intérieur étanche à l'intérieur duquel sont disposées toutes les cellules. L'opération de scellement a lieu à une  
10 température comprise entre 380°C et 480°C pendant une durée inférieure à 30 minutes. Au cours du scellement, le matériau du joint de scellement se ramollit fortement et rend le volume intérieur au joint de scellement étanche vis-à-vis de l'extérieur, ce qui permet d'éviter toute diffusion d'eau vers l'intérieur du module pendant toute la durée de vie du module. La pression du volume intérieur est de  
15 l'ordre d'une atmosphère à la température de scellement. La pression finale, après refroidissement à la température ambiante, est inférieure, de l'ordre de 400millibars. Une dépression vis-à-vis de l'extérieur se forme donc automatiquement à l'intérieur de l'assemblage et entraîne l'application d'une force par les plaques avant et arrière sur les cellules. Cette force assure un  
20 contact entre les cellules et des conducteurs de liaison déposés sur les plaques avant et arrière sans qu'il soit nécessaire de disposer de la soudure entre les cellules et les conducteurs de liaison. Cependant, l'application d'une température de l'ordre de 400°C risque de détériorer la qualité des cellules photovoltaïques actuellement disponibles sur le marché.

25

Une cellule photovoltaïque peut être formée sur un substrat en silicium massif découpé sous forme de tranches de quelques centaines de microns d'épaisseur. Le substrat peut être constitué de silicium monocristallin, de silicium polycristallin ou de couches semiconductrices déposées sur un substrat

de verre ou de céramique. Elle possède à sa surface un réseau d'électrodes étroites, généralement en argent ou en aluminium, destinées à drainer le courant vers une ou plusieurs électrodes principales de 1 à quelques millimètres de largeur, également en argent ou en aluminium.

5

Dans un module photovoltaïque connu, des conducteurs de liaison arrière associés à une première cellule sont reliés aux conducteurs de liaison avant associés à une seconde cellule, adjacente. Si le module comporte plus de deux cellules, les conducteurs de liaison arrière de la seconde cellule sont alors connectés aux conducteurs de liaison avant de la cellule suivante, toutes les cellules étant ainsi connectées électriquement en série. En pratique, un conducteur de liaison arrière d'une cellule et le conducteur de liaison avant associé de la cellule voisine peuvent être constitués par un même conducteur d'interconnexion. Les conducteurs de liaison des cellules d'extrémité servent de connecteurs vers l'extérieur.

10  
15

Un assemblage de cellules photovoltaïque sous forme matricielle peut comporter des conducteurs de liaisons transversaux reliant les cellules électriquement en parallèle. Typiquement les conducteurs de liaison transversaux, constitués par une âme en cuivre et un dépôt superficiel d'un alliage étain-plomb, sont soudés avec un alliage étain-plomb sur des zones de connexion de la cellule. Les conducteurs de liaison peuvent également être réalisés par dépôt d'une pâte d'argent sur une pâque de support du module selon le motif désiré, puis cuisson à haute température.

20  
25

Dans le document DE-A-4128766, les conducteurs de liaison avant et arrière sont formés sur la face interne des substrats de verre avant et arrière en regard de l'emplacement de chacune des cellules. Les conducteurs de liaison sont ensuite soudés sur les cellules et sur des éléments d'interconnexion destinés à

connecter les cellules en série. L'espace restant entre les substrats de verre est ensuite rempli par une résine organique.

5 Par ailleurs, dans certaines cellules connues (brevet US6384317), les pôles positif et négatif de la cellule sont ramenés sur une des faces de celle-ci, en particulier sur sa face arrière.

10 La soudure des conducteurs de liaison et l'assemblage des cellules constitue un handicap car ce sont des opérations longues et coûteuses pouvant casser les cellules et entraîner un coût de production élevé.

### **Objet de l'invention**

15 L'invention a pour but de remédier à ces inconvénients et, en particulier, de réaliser un module présentant une bonne étanchéité à long terme et de simplifier le procédé de fabrication d'un module photovoltaïque, de manière à ce que sa fabrication puisse, de préférence, être réalisée à la température ambiante, tout en diminuant les coûts de fabrication.

20

Selon l'invention, ce but est atteint par les revendications annexées et, en particulier, par le fait que le joint de scellement est un joint organique élastique.

25

### **Description sommaire des dessins**

D'autres avantages et caractéristiques ressortiront plus clairement de la description qui va suivre de modes particuliers de réalisation de l'invention

donnés à titre d'exemples non limitatifs et représentés aux dessins annexés, dans lesquels :

5 Les figures 1 et 2 illustrent les étapes d'assemblage d'un mode de réalisation particulier d'un procédé de fabrication d'un module photovoltaïque selon l'invention.

Les figures 3 et 4 illustrent, en coupe selon l'axe A-A, un mode de réalisation particulier de l'étape d'aspiration d'un procédé de fabrication d'un module photovoltaïque selon la figure 2.

10 Les figures 5 et 6 représentent deux modes de réalisation particuliers d'un module photovoltaïque selon l'invention.

Les figures 7 et 8 illustrent deux modes de réalisation particuliers d'un procédé de réalisation d'un module photovoltaïque selon l'invention.

15 Les figures 9 et 10 représentent un mode de réalisation particulier d'un module photovoltaïque selon l'invention respectivement en coupe selon l'axe B-B et en vue de dessous.

Les figures 11 et 12 représentent divers modes de réalisation particuliers de conducteurs d'interconnexion d'un module photovoltaïque selon l'invention.

20

### **Description de modes particuliers de réalisation**

25 La figure 1 représente l'assemblage de cellules photovoltaïques 1 disposées côte à côte entre des plaques avant 2 et arrière 3 et d'un joint de scellement organique 4. Pour l'assemblage, les plaques 2 et 3 et les cellules photovoltaïques sont maintenues parallèlement. Afin de maintenir les cellules photovoltaïques 1 pendant l'assemblage, celles-ci peuvent être pré-fixées, ainsi que les conducteurs correspondants d'interconnexion électrique, avant assemblage des plaques 2 et 3, sur une des plaques, par exemple sur la plaque

arrière 3. Elles peuvent, par exemple être pré-collées par l'intermédiaire d'une colle organique sans solvant, par exemple par un dérivé de la famille des polyvinyliques. La colle peut être constituée par le même matériau que le joint organique 4, par exemple par un dérivé du poly-butylène. Puis, le joint organique 4 peut être déposé sur une des plaques 2 et 3, par exemple sur la plaque avant 2, à la périphérie de l'ensemble des cellules photovoltaïques 1. Ensuite, les plaques avant 2 et arrière 3 sont scellées par l'intermédiaire du joint organique 4, qui peut être de nature thermoplastique, par exemple de la famille des poly-butylènes. Le joint organique 4 peut être réalisé en tout matériau organique susceptible d'assurer une barrière efficace à l'humidité et aux gaz, notamment à l'oxygène. Le volume intérieur étanche 5 est rempli par un gaz neutre. Le gaz neutre peut être constitué par tout gaz pur ou mixte compatible avec les matériaux des éléments disposés à l'intérieur du volume étanche, par exemple de l'argon. La concentration des gaz, notamment de l'argon, peut être déterminée par analyse spectrale, ce qui permet de contrôler l'atmosphère et la composition de gaz à l'intérieur du volume intérieur étanche (5).

Au cours de l'assemblage, comme représenté à la figure 2, l'ensemble est, de préférence, comprimé en appliquant une pression  $P_1$  sur les plaques 2 et 3. Ainsi, le joint organique 4 délimite un volume intérieur étanche 5 à l'intérieur duquel sont disposées toutes les cellules photovoltaïques 1. Le matériau du joint organique 4 est, de préférence, de la famille des poly-butylènes, sans solvant, par exemple du poly-iso-butylène. Après sa mise en place et compression, le joint en poly-butylène reste flexible et sa couleur, initialement noir mat, se change en noir brillant, à l'interface avec les plaques 2 et 3, ce qui permet éventuellement de vérifier l'étanchéité. Les caractéristiques mécaniques du joint restent inchangées, bien que le joint conserve une certaine élasticité. L'étape de compression du module permet ainsi de contrôler l'épaisseur du module.



Selon l'invention, la dépression est formée par aspiration afin d'assurer une pression de contact suffisante pour permettre la conduction électrique nécessaire au bon fonctionnement du module sans soudure des contacts d'interconnexion entre cellules. Dans un premier mode de réalisation particulier du procédé de fabrication, représenté aux figures 3 et 4, l'aspiration est réalisée après scellement du module. L'aspiration permet de créer une dépression dans le volume intérieur étanche 5, allant jusqu'à 0,5 bar. L'aspiration (schématisé par des flèches en pointillé) est, par exemple, réalisée par l'intermédiaire d'un outil de perforation, par exemple par l'intermédiaire d'une seringue 6 traversant le joint organique 4 et connectée à un dispositif d'aspiration externe (non-représenté). L'outil de perforation est dimensionné de manière à ce que, lors de son retrait, l'étanchéité ne soit pas perturbée. Sur la figure 3, la seringue 6 est introduite dans le joint organique 4 à proximité d'un coin du module. L'élasticité résiduelle du joint organique permet le rebouchage automatique du petit orifice de pénétration de la seringue lors du retrait de celle-ci. Comme représenté à la figure 4, lors du retrait de la seringue 6, l'application d'une pression P2 sur deux faces perpendiculaires 7a et 7b du joint de part et d'autre de l'orifice de pénétration de la seringue, permet de refermer cet orifice et d'assurer l'étanchéité du joint. Le procédé comporte, de préférence, avant de créer la dépression, une étape de balayage par gaz neutres, éventuellement effectuée par l'intermédiaire de deux seringues, une première seringue permettant d'aspirer et une seconde seringue permettant de fournir, simultanément, les gaz neutres.

Après la mise en œuvre du joint organique 4, le volume intérieur étanche 5 est maintenu à une pression sensiblement inférieure à la pression atmosphérique, ce qui entraîne l'application d'une force par les plaques avant 2 et arrière 3 sur les cellules photovoltaïques 1. Cette force assure un contact entre les cellules et des conducteurs de liaison, assurant les liaisons électriques entre les cellules,

sans qu'il soit nécessaire de disposer de soudure entre les cellules et les conducteurs de liaison. Le matériau constituant les conducteurs de liaison peut être à base de cuivre, un alliage de cuivre ou tout autre matériau métallique à haute conductivité qui assure un bon contact avec les cellules photovoltaïques 1 sous l'action de la force de dépression.

L'étanchéité du joint organique 4 est obtenue après compression des plaques avant et arrière, avec le joint organique présent à la périphérie de l'ensemble du module. L'épaisseur du joint, déterminée par la quantité de matériau organique déposé et par la force de compression lors du scellement, reste ensuite constante. Le procédé étant réalisé à température ambiante, il est compatible avec toutes les cellules photovoltaïques.

Le joint organique 4, notamment lorsqu'il s'agit de poly-butylène, garde une certaine élasticité après mise en œuvre. Comme représenté à la figure 5, un système renforçant 8 peut éventuellement être disposé autour du joint de scellement 4, pour améliorer la solidité du module.

Les plaques avant 2 et arrière 3 peuvent toutes deux être des plaques en verre, par exemple en verre sodo-calcique de 1,6 à 6mm d'épaisseur, une valeur typique étant de 3 à 4mm pour la plaque avant 2 et de 2 à 4mm pour la plaque arrière 3. Le verre est avantageusement un verre clair ou extra blanc, c'est-à-dire contenant peu de fer, car la transmission optique d'un tel verre est très bonne. Le verre peut également avoir subi une trempe thermique afin d'augmenter sa résistance mécanique. Cependant, la plaque avant 2 du module photovoltaïque est, de préférence, en verre, tandis que la plaque arrière 3 est constituée par une feuille rigide, isolante au moins en surface, en matériau plastique ou en métal, par exemple en aluminium ou en acier inoxydable traité en surface pour ne pas être conducteur en surface. Une telle feuille permet de

protéger les cellules photovoltaïques tout en réduisant nettement (jusqu'à 2 fois) le poids.

Le procédé peut, de plus, comporter une étape d'attaque chimique, basique par exemple, de la plaque de verre avant, réalisée avant assemblage du module, de manière à rendre rugueuse la face interne 9 de la plaque de verre avant, c'est-à-dire la face orientée vers les cellules photovoltaïques 1, comme représenté à la figure 5. Ainsi, le rayonnement réfléchi par les cellules photovoltaïques 1 est, en partie, récupéré par des réflexions multiples sur les différentes zones de la surface de la plaque avant 2. Le traitement peut être réalisé par une attaque anisotrope du verre, la face externe de la plaque avant 2 étant protégée, de manière à donner une texture à la face interne 9 de la plaque avant 2. Cette technique permet d'obtenir une amélioration du rendement du module photovoltaïque. On peut également réaliser cette texturation par trempage du verre, après protection de la face externe du verre, par exemple, par une attaque chimique.

Le module photovoltaïque représenté à la figure 6 comporte, de plus, entre les cellules photovoltaïques 1 et la plaque arrière 3 et/ou entre les cellules photovoltaïques 1, une substance 10 destinée à absorber le rayonnement infrarouge et ultraviolet et à émettre un rayonnement dans une bande spectrale visible correspondant sensiblement au maximum de la bande d'absorption des cellules photovoltaïques. La substance 10 comporte, par exemple, du polyméthacrylate de méthyle (PMMA) et/ou un sel métallique et/ou un pigment constitué par un composé contenant principalement des oxydes mixtes de terres rares à base de lanthane, d'erbium, de terbium, de néodyme et de praséodyme, de métaux alcalins ou de métaux alcalino-terreux. Ces oxydes transforment le rayonnement ultraviolet en rayonnement visible ayant une longueur d'onde comprise entre 550 nm et 650 nm. On peut ainsi augmenter le rendement du

module photovoltaïque. L'absorption du rayonnement infrarouge permet d'abaisser la température de fonctionnement des cellules photovoltaïques.

5 Dans un deuxième mode de réalisation particulier du procédé de fabrication, représenté à la figure 7, le procédé comporte successivement l'assemblage et le scellement partiel du module, de manière à laisser deux ouvertures 13a et 13b dans le joint de scellement 4, et un balayage par gaz neutres, schématisé par des flèches 14 en pointillé, du volume intérieur par l'intermédiaire des deux ouvertures 13a et 13b. La dépression est ensuite établie par aspiration par 10 l'intermédiaire des deux ouvertures 13a et 13b. Après l'aspiration, les deux ouvertures 13a et 13b sont bouchées sans détériorer la dépression. Il est également possible de boucher l'une des ouvertures 13 après balayage et d'effectuer l'aspiration par l'intermédiaire de l'autre ouvertures 13, qui est ensuite bouchée.

15 Dans un troisième mode de réalisation particulier du procédé de fabrication, représenté à la figure 8, le procédé comporte successivement l'assemblage du module et, dans une enceinte étanche 17, un balayage par gaz neutres et l'établissement de la dépression par aspiration. Le scellement des plaques 20 avant 2 et arrière 3 est ensuite effectué par compression 18 du joint de scellement 4, les plaques avant 2 et arrière 3 étant disposées entre deux pièces préformées 19 et 20 permettant également d'établir l'enceinte étanche 17.

25 Le module selon l'invention peut être de grandes dimensions, le verre ayant une épaisseur correspondante, sans qu'il soit nécessaire d'y ajouter un cadre.

L'invention s'applique à tout type de modules photovoltaïques, y compris les modules comportant des cellules photovoltaïques 1 ayant chacune des pôles

positif et négatif disposés d'un même côté de la cellule, comme décrit ci-dessous.

5 Le module photovoltaïque représenté à la figure 9 comporte des cellules photovoltaïques 1 disposées côte à côte entre des faces internes des plaques avant 2 et arrière 3. Seules trois cellules 1a, 1b et 1c sont représentées sur la figure 9 pour des raisons de clarté. Des pôles positif et négatif de chaque cellule sont ramenés sur la face arrière de celle-ci.

10 La connexion d'un pôle positif d'une cellule et d'un pôle négatif de la cellule adjacente est réalisée très simplement au moyen d'au moins un conducteur d'interconnexion constitué par une bande métallique, par exemple par une bande de pâte d'argent, déposée, par exemple par sérigraphie, sur la face interne de la plaque arrière 3 avant mise en place des cellules. Il est également  
15 possible de réaliser l'interconnexion électrique de cellules par des conducteurs métalliques pré-fixés par une colle sur la plaque arrière du module.

Sur les figures 9 et 10, une bande métallique 11a, déposée sur la plaque arrière 3, est positionnée sur une zone reliant les emplacements des deux cellules  
20 adjacentes 1a et 1b, de façon à venir en contact sur la face arrière des cellules 1a et 1b, respectivement avec le pôle positif de la cellule 1a et avec le pôle négatif de la cellule 1b. Sur la figure 10, la zone présente la forme d'une marche d'escalier. Une bande de pâte d'argent 11b, connectant le pôle positif de la cellule 1b au pôle négatif de la cellule 1c, est disposée de manière analogue sur  
25 la plaque arrière 3. Un réseau de conducteurs d'interconnexion (11) est ainsi formé sur la plaque arrière 3, avant mise en place des cellules. Lorsque la face arrière n'est pas active optiquement, il n'y a pas de contrainte sur la transmission optique de la plaque arrière 3 et le motif du réseau de bandes de pâte d'argent 11 est choisi de manière à ce que la conduction soit maximale.

Selon une première variante de réalisation, la largeur des bandes de pâte d'argent 11 est élevée, chaque bande de pâte d'argent 11 pouvant, par exemple, avoir une largeur comprise entre 3mm et 10 mm, plus typiquement comprise entre 3mm et 5 mm.

5

Lorsque les pôles positif et négatif des cellules sont disposés respectivement sur la face avant et sur la face arrière, les interconnexions peuvent également être préparées par sérigraphie.

10 Le joint 4 est déposé sur l'une des plaques ou sur les deux plaques 2 et 3, selon un chemin décrit ci-dessous, c'est-à-dire le long des quatre côtés.

Dans le mode de réalisation particulier de la figure 10, le joint de scellement organique 4 est localisé à la périphérie de la surface commune aux deux  
15 plaques avant et arrière 2 et 3. Il est ainsi disposé sur la périphérie de la plaque arrière 3 sauf sur le côté gauche pour la plaque arrière 3, afin de permettre l'accès depuis l'extérieur à des conducteurs 12 de connexion avec l'extérieur. Par exemple, un conducteur 12 de connexion vers l'extérieur des cellules d'extrémité (1a et 1c) peut faire saillie vers l'extérieur au-delà du joint 4.

20

Le joint 4 peut ensuite être disposé, comme décrit ci-dessus, entre les plaques avant 2 et arrière 3, à la périphérie du module, de manière à délimiter un volume intérieur étanche à l'intérieur duquel sont disposées toutes les cellules 1.

25

Le joint de scellement 4 a une épaisseur de plusieurs centaines de microns, qui dépend surtout de l'épaisseur des cellules 1, à laquelle s'ajoute l'épaisseur des bandes métalliques 11 constituant des conducteurs d'interconnexion, formées sur la face avant de la plaque arrière 3, connectant en série les cellules 1 en

reliant un pôle positif d'une cellule 1a à un pôle négatif de la cellule 1b adjacente.

5 Sur la figure 11, un conducteur d'interconnexion 15 relie une face avant d'une première cellule 1a et une face arrière d'une seconde cellule adjacente 1b. Le conducteur d'interconnexion 15 est constitué par un matériau rigide, par exemple par un alliage de cuivre et de magnésium ou par un cuivre durci, conservant toute sa conductivité électrique. Une première extrémité ondulée 16a est disposée entre la face avant de la première cellule 1a et la face interne de la plaque avant 2. Une seconde extrémité ondulée 16b est disposée entre la face arrière de la seconde cellule 1b et la face interne de la plaque arrière 3. Dans le mode de réalisation particulier représenté à la figure 12, la partie intermédiaire du conducteur d'interconnexion, disposée entre les cellules adjacentes 1a et 1b, n'est pas ondulée. Dans une variante, l'une des extrémités 16 peut être réalisée sans ondulation.

10

15

De manière analogue, un conducteur d'interconnexion 15 ondulé peut être utilisé pour relier les pôles positif et négatif de deux cellules adjacentes mono face, c'est-à-dire ayant chacune des pôles positif et négatif disposés d'un même côté de la cellule. Cette ondulation permet d'améliorer, par l'intermédiaire d'un effet ressort, le contact entre la cellule 1 et le conducteur d'interconnexion 15.

20

Des conducteurs d'interconnexion 15, constitués par un matériau rigide, reliant les cellules photovoltaïques 1 entre-elles peuvent avoir une forme profilée quelconque, par exemple une section sous forme d'un U, d'un W ou d'un V, comme représenté à la figure 12, de manière à obtenir un effet de ressort entre les cellules photovoltaïques 1 et la plaque 2 ou 3 correspondante. L'effet de ressort permet de compenser des variations d'épaisseur des cellules et/ou des plaques avant et arrière et des variations dues à la dilatation thermique des

25

éléments constitutifs du module et, ainsi, de limiter le risque de casse des cellules en assurant un contact électrique constant entre les cellules 1 et les conducteurs d'interconnexion 15. Les conducteurs d'interconnexion 15 peuvent également avoir une forme d'hélice.

5

Le procédé selon l'invention peut être appliqué à la réalisation de modules photovoltaïques, puis de générateurs solaires, à partir de cellules photovoltaïques carrées, rectangulaires ou rondes et dont les dimensions caractéristiques peuvent aller de quelques centimètres à plusieurs dizaines de centimètres. Les cellules sont de préférence des cellules carrées dont le côté est compris entre 8cm et 30cm.

10

15

20

L'invention n'est pas limitée aux modes particuliers de réalisation décrits et représentés ci-dessus. En particulier, les bandes de pâte d'argent peuvent être déposées sur la face interne de la plaque avant. L'invention s'applique à tout type de cellules photovoltaïques, non seulement à des cellules photovoltaïques au silicium, monocristallin ou polycristallin, mais également à des cellules en arséniure de gallium, à des cellules formées par des rubans de silicium, à des cellules à billes de silicium formées par un réseau de billes de silicium insérées dans des feuilles conductrices, ou à des cellules photovoltaïques formées par dépôt et gravure d'une couche mince de silicium, de cuivre/indium/sélénium ou de cadmium/tellure sur une plaque en verre ou de céramique.

25



## Revendications

1. Module photovoltaïque comportant un assemblage de cellules photovoltaïques (1), disposées côte à côte entre des plaques avant (2) et arrière (3), et un joint de scellement (4) disposé entre les plaques (2 et 3) et délimitant un volume intérieur étanche (5), maintenu à une pression inférieure à la pression atmosphérique, dans lequel sont disposées les cellules photovoltaïques (1), module caractérisé en ce que le joint de scellement (4) est un joint organique élastique.
2. Module selon la revendication 1, caractérisé en ce que le joint de scellement (4) est de nature thermoplastique.
3. Module selon la revendication 2, caractérisé en ce que le joint de scellement (4) fait partie de la famille des poly-butylènes.
4. Module selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comporte un système renforçant (8) disposé autour du joint de scellement (4).
5. Module selon l'une quelconque des revendication 1 à 4, caractérisé en ce que, la plaque avant (2) étant en verre, la plaque arrière (3) est constituée par un verre ou une feuille en matériau plastique ou en métal traité en surface.
6. Module selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le module comporte une substance (10) absorbant le rayonnement infrarouge et ultraviolet et émettant un rayonnement dans une bande spectrale visible correspondant sensiblement au maximum de la bande d'absorption des cellules photovoltaïques (1).

7. Module selon la revendication 6, caractérisé en ce que la substance (10) comporte au moins un matériau choisi parmi le poly-méthacrylate de méthyle (PMMA), les sels métalliques, les composés contenant principalement des oxydes mixtes de terres rares, de métaux alcalins ou de métaux alcalino-terreux.

8. Module selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'il comporte des conducteurs d'interconnexion (15), constitués par un matériau rigide, reliant les cellules photovoltaïques (1) entre-elles et ayant une forme profilée, de manière à obtenir un effet de ressort entre les cellules photovoltaïques (1) et la plaque (2, 3) correspondante.

9. Module selon la revendication 8, caractérisé en ce que, un conducteur d'interconnexion (15) reliant une face avant d'une première cellule (1a) et une face arrière d'une seconde cellule adjacente (1b), une première extrémité (16a) du conducteur d'interconnexion (15) est disposée entre la face avant de la première cellule (1a) et la face interne de la plaque avant (2) et une seconde extrémité (16b) du conducteur d'interconnexion (15) est disposée entre la face arrière de la seconde cellule (1b) et la face interne de la plaque arrière (3), au moins une des extrémités étant ondulée.

10. Procédé de fabrication d'un module photovoltaïque selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, procédé caractérisé en ce qu'il comporte le dépôt du joint de scellement (4) organique et en ce que la dépression est formée par aspiration.

11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'il comporte successivement l'assemblage du module et, dans une enceinte étanche, un

balayage par gaz neutres, l'établissement de la dépression par aspiration et le scellement des plaques avant (2) et arrière (3) par compression du joint de scellement (4).

5      12. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'il comporte successivement l'assemblage et le scellement partiel du module, de manière à laisser deux ouvertures dans le joint de scellement (4), un balayage par gaz neutres du volume intérieur par l'intermédiaire des deux ouvertures, l'établissement de la dépression par aspiration et le bouchage des ouvertures.

10

13. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que la dépression à l'intérieur du volume intérieur étanche (5) est formée, après scellement du module, par aspiration par l'intermédiaire d'un outil de perforation traversant le joint organique.

15

14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 13, caractérisé en ce qu'il comporte le contrôle de l'atmosphère et de la composition de gaz à l'intérieur du volume intérieur étanche (5).

20

15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 14, caractérisé en ce qu'il comporte une étape de compression du module, destinée à contrôler l'épaisseur du module.

25

16. Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 15, caractérisé en ce que, avant assemblage des plaques (2 et 3), les cellules photovoltaïques (1) et des conducteurs d'interconnexion (15) reliant les cellules photovoltaïques (1) entre-elles sont fixés sur une des plaques (3).

17. Procédé selon la revendication 16, caractérisé en ce que, avant assemblage, les cellules photovoltaïques (1) et les conducteurs d'interconnexion (15) sont fixés sur une des plaques (3) par l'intermédiaire d'une colle organique sans solvant.

5

18. Procédé selon la revendication 17, caractérisé en ce que la colle organique sans solvant comporte un dérivé des familles des polyvinylyles et des polybutylènes.

10

19. Procédé selon l'une quelconque des revendication 10 à 18, caractérisé en ce que, la plaque avant (2) étant en verre, le procédé comporte, avant assemblage, une étape de traitement chimique de la plaque de verre avant (2), de manière à rendre rugueuse une face interne de la plaque de verre avant (2).

15

20. Procédé selon l'une quelconque des revendication 10 à 19, caractérisé en ce que, les cellules photovoltaïques (1) ayant chacune des pôles positif et négatif disposés d'un même côté de la cellule, le procédé comporte, avant la mise en place des cellules (1), le dépôt, sur une face interne d'une seule des plaques (3), d'au moins une bande métallique (11), reliant un pôle positif d'une cellule (1a) à un pôle négatif de la cellule (1b) adjacente, de manière à connecter les cellules en série.

20

21. Procédé selon la revendication 20, caractérisé en ce que la bande métallique est constituée par une bande de pâte d'argent (11) disposée sur une zone reliant des emplacements de deux cellules (1a,1b) adjacentes.

25

1/6

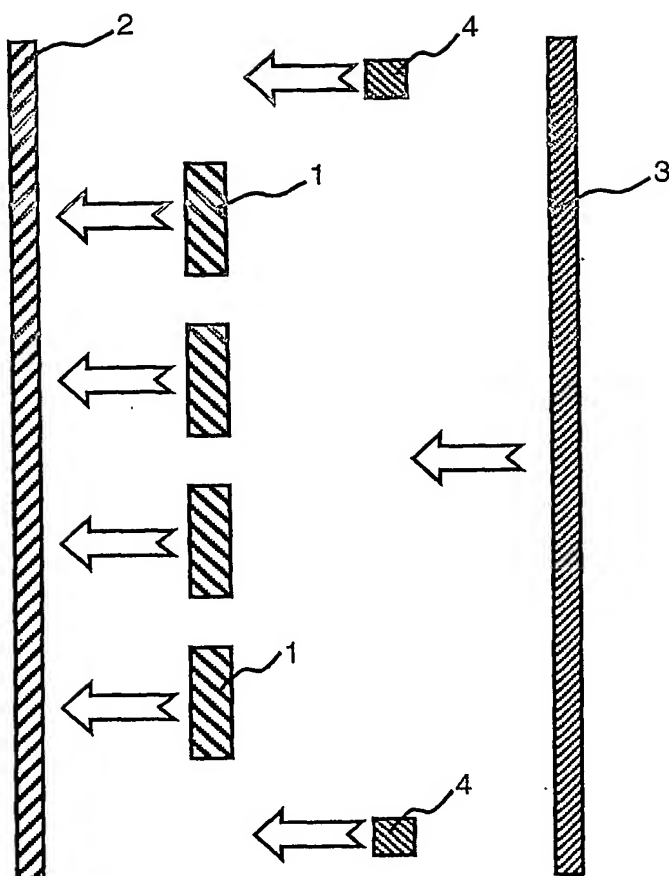


Figure 1

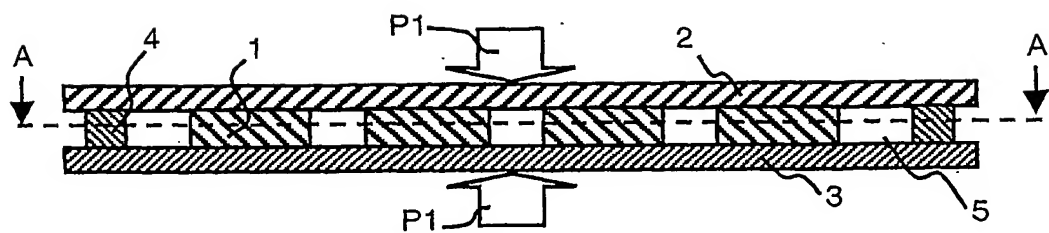


Figure 2

2/6

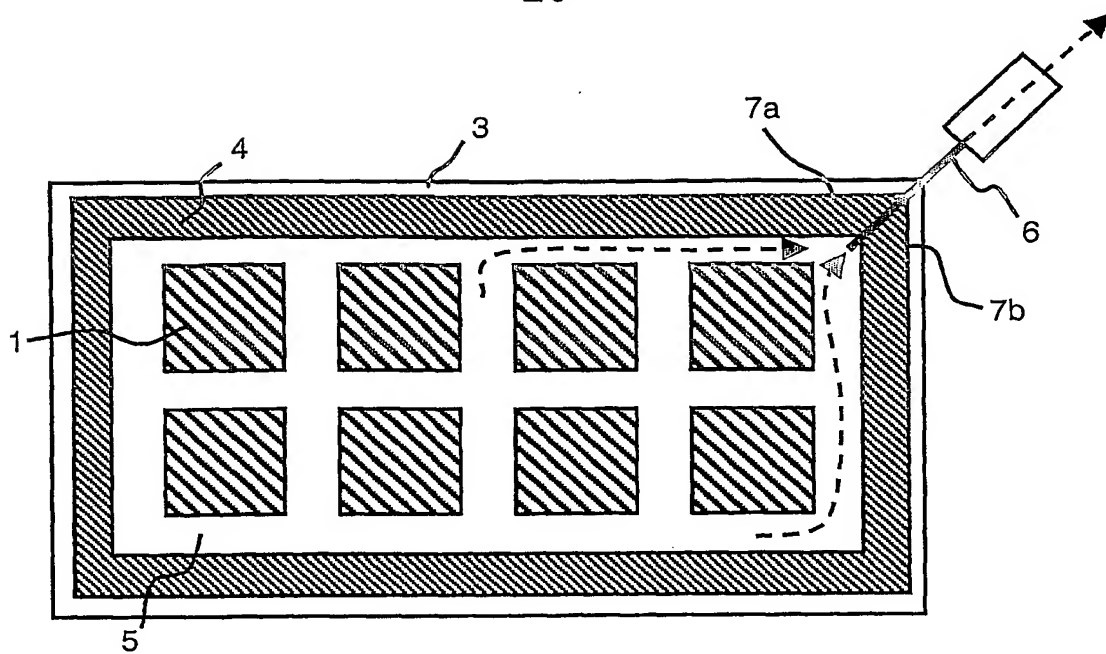


Figure 3

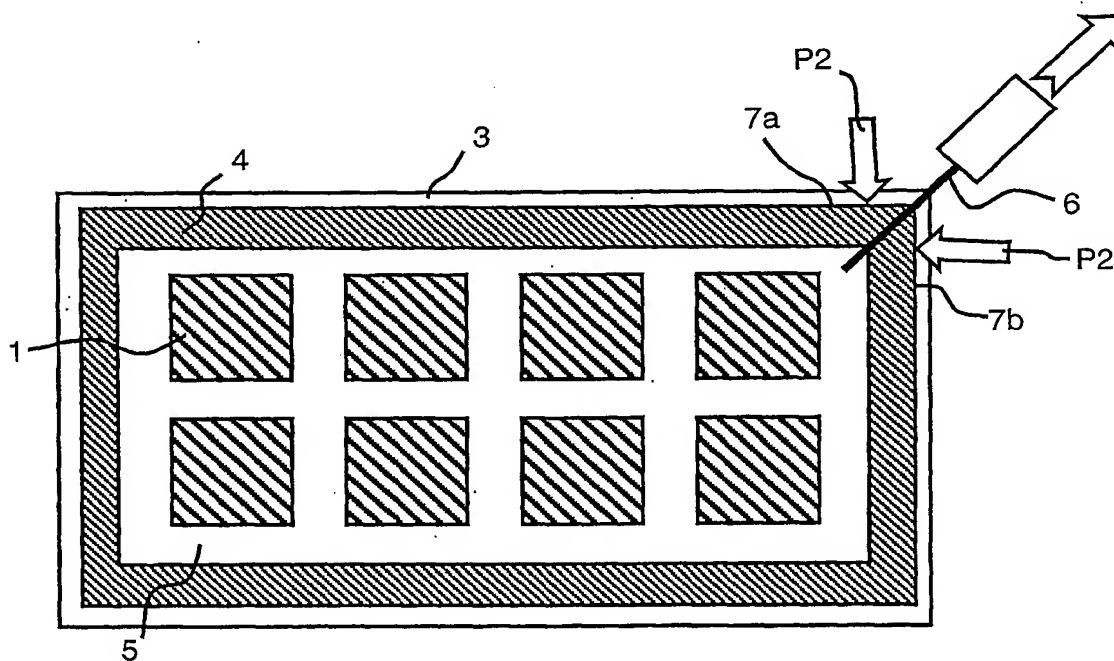


Figure 4

3/6

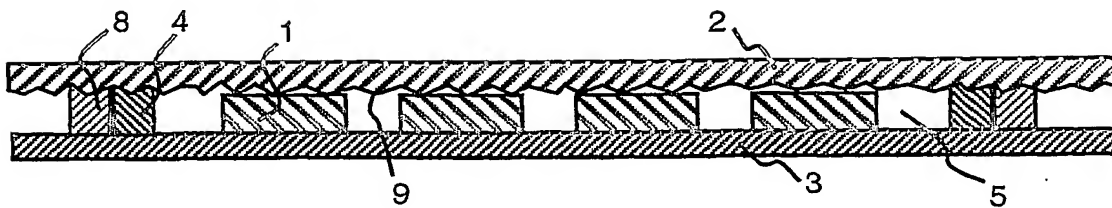


Figure 5

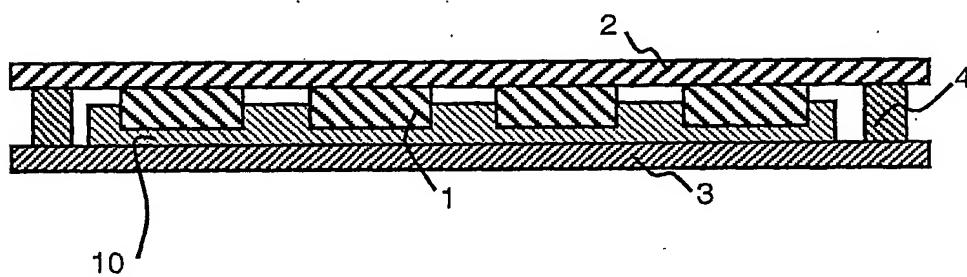


Figure 6

4/6

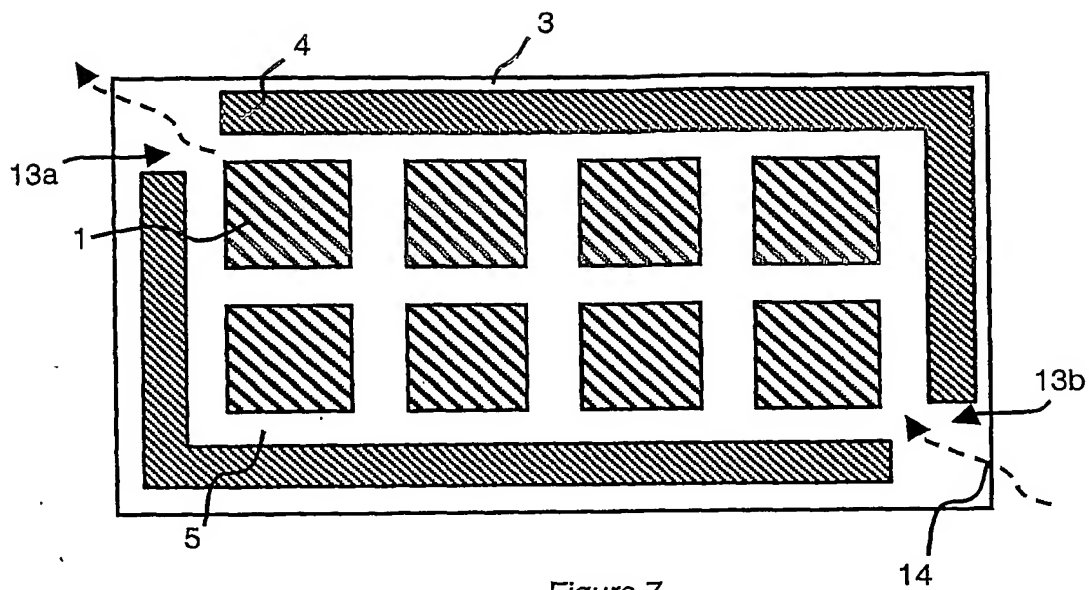


Figure 7

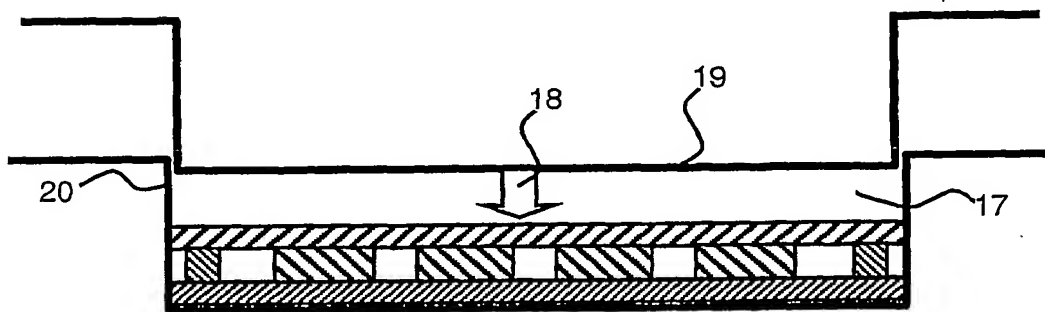


Figure 8



5/6

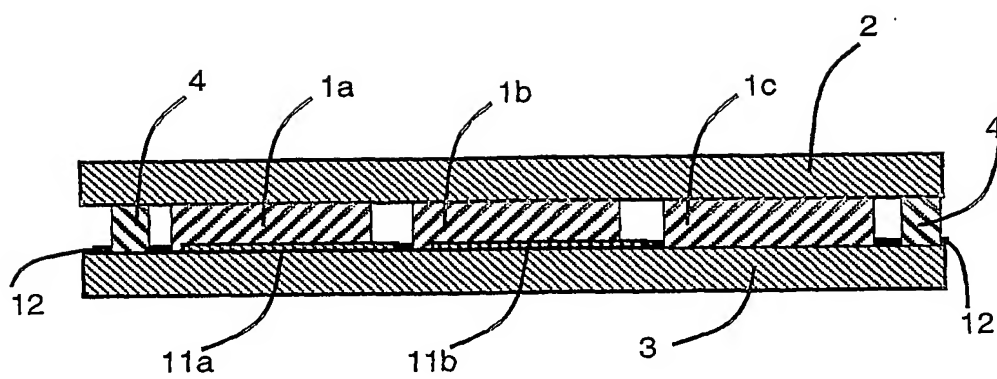


Figure 9

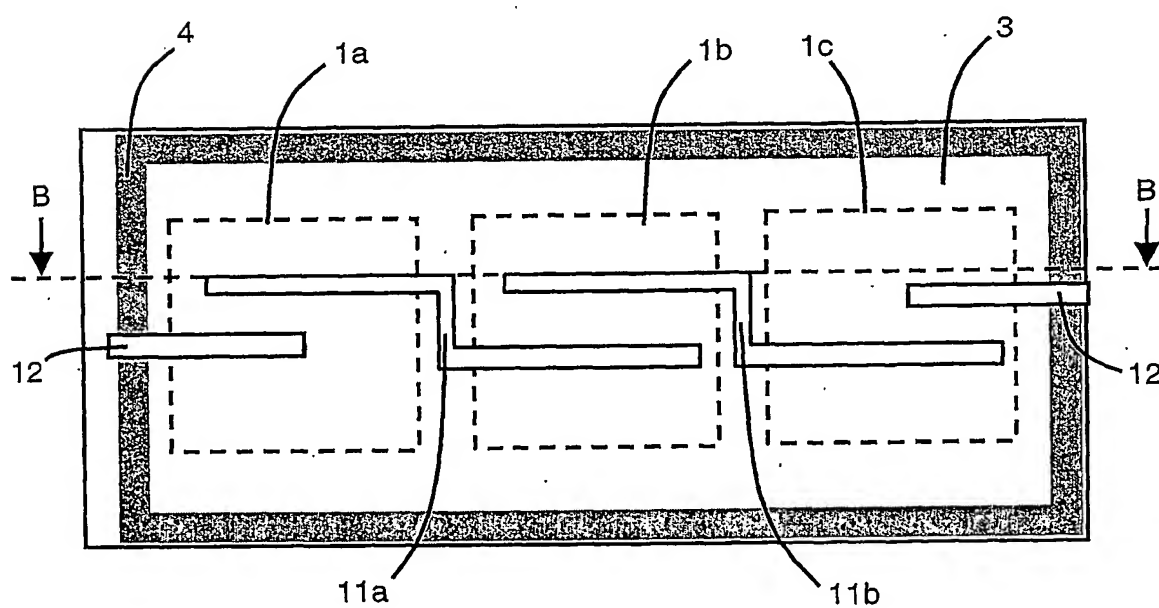


Figure 10

6/6

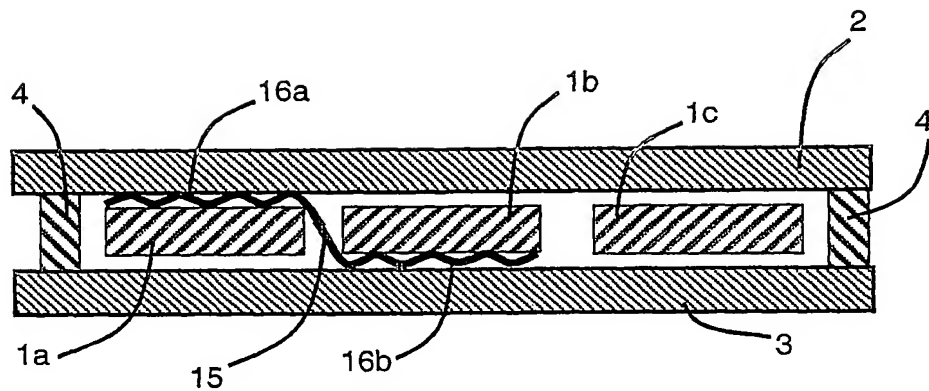


Figure 11

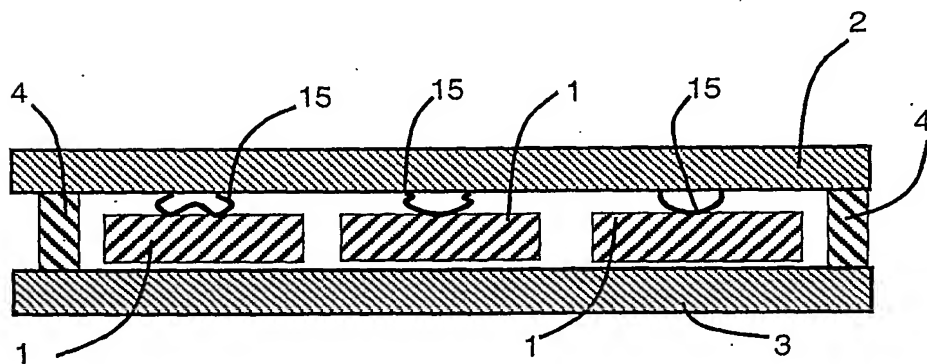


Figure 12